LE POINT EN RECHERCHE

Juillet 2004

Série technique 04-116

BESOINS D'ÉNERGIE ET DISPONIBILITÉ DANS LE LOGEMENT

CONTEXTE

Au début des années 1990, le cabinet Marbek Resource Consultants recevait de la Société canadienne d'hypothèques et de logement le mandat de consacrer une étude aux besoins, à la consommation et à la disponibilité de l'énergie dans l'habitation. L'étude poursuivait l'objectif de déterminer la quantité et le type d'énergie nécessaires à la prestation de différents services aux ménages, d'établir l'efficacité des composants, du matériel et d'autres dispositifs employés pour répondre à ces besoins, en plus de déterminer la quantité d'énergie que peuvent fournir la maison et le lot. Le rapport faisant état des travaux a paru en avril 1993.

SYNOPSIS

Depuis 1970, l'efficacité de l'habitation au Canada a connu une évolution considérable au point où le chauffage des locaux ne requiert maintenant qu'une fraction de l'énergie qu'il fallait antérieurement, sans compter qu'on offre dans le commerce de nouveaux électroménagers qui consomment beaucoup moins d'énergie. Par contre subsiste toujours la question de savoir jusqu'à quel point on peut d'une part réduire la consommation d'énergie pour construire et utiliser une maison et d'autre part minimiser son incidence sur l'environnement sans compromettre le confort, la sécurité, la santé et la commodité des occupants. L'étude vise à établir la quantité et le type d'énergie requis pour assurer différents services domestiques, à comparer ces besoins avec la consommation d'énergie et à déterminer les sources d'énergie qu'offrent la maison et le lot, de même que l'efficacité thermodynamique des dispositifs employés pour satisfaire ces besoins.

SOURCES D'ÉNERGIE DISPONIBLES POUR RÉPONDRE AUX BESOINS DE L'HABITATION

Le lot profite de trois sortes d'énergie : ambiante, interne et externe. L'énergie ambiante désigne le rayonnement solaire direct et diffus, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, la chaleur de l'alimentation en eau et la pression du réseau, la température et l'humidité de l'air ambiant, le rayonnement lumineux du ciel nocturne, ainsi que la chaleur et le combustible dérivés de la biomasse. L'énergie interne désigne l'air extrait par ventilation, la chaleur et l'humidité corporelles, la chaleur et l'humidité de la cuisson, la chaleur de l'éclairage, la chaleur que dégage le courant électrique, les appareils de nettoyage et autres dispositifs, la chaleur des eaux grises et noires, la chaleur et le combustible issus de la composition des déchets. L'énergie externe, que l'on peut également acquérir (acheminée sur le lot), désigne l'électricité, le gaz naturel, le charbon, le combustible, le mazout, le bois et le propane.

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

63613

EXIGENCES ÉNERGÉTIQUES MINIMALES POUR RÉPONDRE AUX BESOINS DE L'HABITATION

La demande d'énergie dans l'habitation est motivée par les besoins et désirs des êtres humains. Ces besoins s'entendent de l'éclairage, du confort, de la nourriture, du nettoyage, du divertissement, etc. Une analyse de l'énergie minimale associée aux besoins des êtres humains a été présentée, en plus d'estimations de l'efficacité des dispositifs et technologies servant à répondre à ces besoins. Les besoins de services énergétiques dans l'habitation peuvent se scinder en deux catégories : intrinsèque et extrinsèque. Les services énergétiques intrinsèques, qui désignent les besoins d'énergie proprement dits, rassemblent l'éclairage, la préparation des aliments, la lessive et le séchage des vêtements, l'hygiène corporelle, le nettoyage des surfaces, le déneigement, le matériel de divertissement audio-visuel, les travaux de réparation et d'entretien du domicile. Des exemples de services énergétiques extrinsèques dans l'habitation s'entendent du maintien du confort des lieux, de la qualité de l'air et de la sécurité à la maison.

DISPOSITIFS EMPLOYÉS POUR RÉPONDRE AUX BESOINS ÉNERGÉTIQUES

Chaque besoin de service énergétique dans un logement ou un lot est satisfait par un dispositif ou un système. Il peut s'agir d'un seul appareil, tel un réfrigérateur, ou d'une combinaison de matériaux, d'équipement et de mesures comme l'enveloppe du bâtiment ou l'installation de chauffage. Certains dispositifs satisfont plus qu'un besoin (par exemple, le ventilateur récupérateur de chaleur assure aussi bien le renouvellement d'air que la récupération de la chaleur). Les dispositifs renferment (dans les matériaux constitutifs et lors de la production) et utilisent l'énergie pour satisfaire un besoin énergétique (pour remplir leur fonction). Certains exploitent à la fois la chaleur ambiante et la chaleur résiduelle sur place pour répondre à un besoin énergétique (pompe à chaleur ou mur dynamique). D'autres, comme un accumulateur, renferment l'énergie requise sans nécessiter l'apport d'énergie ambiante ou externe. Certains sont conçus pour convertir l'énergie ambiante en énergie utile en la canalisant ou en améliorant la qualité (pompe à chaleur ou générateur photovoltaïque). Bien des interactions existent entre les procédés énergétiques et les dispositifs. L'efficacité peut être relevée en exploitant la chaleur résiduelle d'un service énergétique pour en approvisionner un autre. En outre, la conception d'un dispositif peut exercer un effet considérable sur l'efficacité énergétique absolue d'un autre. Par exemple, l'emplacement, la taille et la performance des fenêtres influent sur la quantité d'énergie requise pour préserver le confort et répondre aux besoins d'éclairage.

PROGRAMME DE RECHERCHE

Les besoins d'énergie absolue ont été évalués pour chaque service énergétique intrinsèque d'un logement et d'une famille types. Dans certains cas, il n'a pas été possible de les déterminer, en particulier lorsque des transformations physiques complexes se produisent ou qu'il n'y a pas de données expérimentales sur les besoins d'énergie des procédés. En pareilles circonstances, un besoin énergétique de substitution a été employé. Dans bien des procédés, le meilleur substitut était, a-t-on découvert, le degré d'utilisation énergétique de l'être humain exécutant la tâche. Pour les services énergétiques extrinsèques (chauffage des locaux et qualité de l'air), les dispositifs visés rassemblent les maisons conformes au Code national du bâtiment, les maisons éconergétiques (du genre de la maison R 2000), les maisons évoluées se caractérisant par une masse thermique accrue, des murs dynamiques ou d'autres attributs, matériel et mesures de régulation du confort, les installations standards et évoluées de chauffage des locaux, les pompes à chaleur, les installations de ventilation, et la photosynthèse. Pour les services énergétiques intrinsèques (éclairage, lavage et séchage des vêtements, hygiène personnelle, préparation des aliments, appareils de divertissement audio-visuel, et services d'entretien extérieur), les dispositifs visés par l'étude réunissent les lampes et appareils standards et à haute efficacité, les commandes d'éclairage et la lumière du jour, le lavage à la main, les machines à laver standards et évoluées, le lavage à l'eau chaude et à l'eau froide, les cordes à linge, les sèche-linge standards et évolués, la douche, la baignoire, le sauna, les serviettes, le séchoir à cheveux, les fours ordinaires ou à micro-ondes, les mijoteuses, les sécheuses électriques ou à énergie solaire, les réfrigérateurs et congélateurs standards et évolués, les appareils de radio et de télévision portatifs, les pelles, les chasse-neige, les tondeuses à main et motorisées.

LIEU DE RÉFÉRENCE

Pour les besoins de la présente étude, un lot plan à vocation résidentielle situé dans la zone climatique d'Ottawa, mesurant 10 m sur 35 m (35 pi sur 120 pi), a été retenu à titre de lieu de référence. On présumait qu'il n'y avait aucun effet d'ombrage depuis l'extérieur des limites du lot, aucun cours d'eau ou autre courant d'eau superficiel, ni aucune obstruction majeure au vent dans le voisinage.

ÉLÉMENTS DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET STRATÉGIES

Le confort s'obtient normalement en régulant le milieu intérieur du bâtiment. De nombreuses combinaisons de la température de l'air, de la température superficielle (rayonnante), du mouvement d'air, d'humidité, de la tenue vestimentaire et de la vitesse de circulation d'air permettent de préserver le confort. L'énergie servant à préserver ces conditions varie selon les combinaisons des conditions de confort choisies, la taille, la structure et les matériaux de l'enveloppe, de même que selon l'efficacité des dispositifs exploités pour transformer l'énergie externe en chauffage ou climatisation, maîtrise de l'humidité et mouvement d'air utilisables. Les dispositifs servant à préserver le confort peuvent se classer en deux groupes d'éléments : les éléments de l'enveloppe et les éléments de conversion. D'une part, les éléments de l'enveloppe déterminent les charges de chauffage ou de climatisation, d'humidification ou de déshumidification, et de circulation d'air. D'autre part, les éléments de conversion transforment l'énergie externe et ambiante en chauffage, climatisation, humidification, déshumidification, ou mouvement d'air suffisants pour répondre à la charge énergétique de l'enveloppe. Les charges de chauffage et de climatisation de plusieurs combinaisons d'éléments d'enveloppe et de conditions de confort ont fait l'objet d'estimations. Accroître le degré d'isolation thermique, ajouter au stockage de chaleur ou de réfrigération saisonnier et diurne, exploiter une version modifiée des murs dynamiques qui recueillent davantage d'énergie solaire incidente sur le mur de la maison et exploiter le refroidissement naturel et récupérer la chaleur à 90 % constituent des mesures qui, une fois combinées, permettent d'obtenir une enveloppe qui ne nécessite aucun apport externe d'énergie. Les charges de chauffage et de climatisation pour différentes stratégies sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Essentiellement, la qualité de l'air d'un logement est assurée par un approvisionnement en oxygène pour la respiration et par l'élimination du dioxyde de carbone et d'autres substances toxiques. Le maintien de la qualité de l'air intérieur suppose de nombreuses tâches distinctes, qui ne s'imposent peut-être pas toutes dans chacune des habitations. De plus, certaines habitations exécutent ces tâches grâce à des technologies et systèmes très différents et selon divers degrés de service pour chacune des tâches. Le dispositif le plus courant pour assurer le contrôle de la qualité de l'air fait appel à l'infiltration d'air naturelle et à la ventilation mécanique.

ÉCLAIRAGE

L'éclairage permet de répondre aux besoins de survie, de confort et de satisfaction des êtres humains. Le besoin d'éclairage dépend également du style de vie. Avant l'avènement de l'électricité, les façons de produire de l'éclairage artificiel avaient à peine évolué en plusieurs milliers d'années; pour produire de la lumière, il fallait brûler quelque chose. L'éclairage peut être assuré par la lumière du jour, par la combustion de matière combustible (comme le kérosène) et des lampes électriques. Le système d'éclairage parfait se traduirait par la transformation totale de l'énergie en lumière et permettrait de n'éclairer que certaines zones spécifiques. Hélas, la réalité est tout autre. L'inefficacité s'explique par l'ampoule proprement dite (mesurée par son efficacité), par l'appareil (selon son coefficient de rendement) et son utilisation (superficie et écart) et sa distorsion d'affaiblissement.

LUMIÈRE DU JOUR

La disponibilité de la lumière du jour pour répondre aux besoins d'éclairage des ménages dépend d'une vaste gamme de conditions et de facteurs : latitude géographique, profils climatiques, emplacement, temps de l'année, caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment (nombre, forme, taille, endroit, type de fenêtres et autres dispositifs ou mesures transmettant la lumière du jour), et de nombreux aspects du style de vie (temps passé dans la maison, régime quotidien, nombre de personnes présentes, différents coûts à engager pour assurer l'éclairage artificiel, « volonté » des ménages à exploiter la lumière du jour, etc.). La quantité et l'intensité de la lumière du jour incidente sur un mur à chacun des points cardinaux ont été déterminées. Puis, on a fait des estimations des besoins d'éclairage intérieur pouvant être satisfaits par la lumière du jour.

Tableau 1 – Charges de chauffage de différentes mesures visant l'enveloppe du bâtiment

Type d'habitation	Stratégie	Disposition des fenêtres	Charge de chauffage brute (GJ/an)	Chaleur gratuite (GJ/an)	Charge de chauffage nette (GJ/an)
Habitation conforme au Code	Température optimale, tenue vestimentaire normale	Équilibrée	163,5	47,6	115,9
Habitation conforme au Code	Température minimale acceptable, tenue vestimentaire élevée	Orientation au sud optimalisée	105,9	43,4	62,5
Habitation conforme au Code, avec mur dynamique	Température optimale, tenue vestimentaire élevée	Équilibrée	115,2	48,3	66,9
Habitation éconergétique avec 75 % de récupération de chaleur	Température minimale acceptable, tenue vestimentaire élevée	Équilibrée	58,5	36,5	22
Habitation éconergétique avec 10 % de chaleur rayonnante	Température minimale acceptable, tenue vestimentaire élevée	Équilibrée	62,9	34,2	28,7
Maison évoluée avec masse lourde et 90 % de récupération de chaleur	Température minimale acceptable, tenue vestimentaire élevée	Équilibrée	27,4	27,4	0

Tableau 2 – Charges de climatisation selon différentes stratégies visant l'enveloppe de bâtiments (disposition équilibrée des fenêtres)

Type d'habitation	Stratégie	Charge de climatisation brute (GJ/an)	Climatisation gratuite (GJ/an)	Charge nette de climatisation (GJ/an)
Habitation conforme au Code	Température optimale, tenue vestimentaire normale	18,3	8,6	9,7
Habitation conforme au Code	Température maximale acceptable, tenue vestimentaire légère et refroidissement naturel	2,2	0,9	1,3
Habitation conforme au Code	Température maximale acceptable, tenue vestimentaire légère, refroidissement naturel, mouvement d'air et refroidissement par rayonnement nocturne	0,3	0,1	0,2
Maison évoluée avec masse lourde	Température maximale acceptable, tenue vestimentaire légère et refroidissement naturel	0	0	0

CONCLUSIONS

Énergie absolue

L'énergie absolue ou minimale nécessaire pour assurer un service tient souvent au niveau de service souhaité par les occupants. L'énergie absolue doit aussi être exprimée selon le niveau de puissance et la qualité d'énergie requis. L'éclairage, par exemple, requiert un degré minimal de production de lumière pour chaque tâche. Il nécessite également une forme d'énergie de qualité élevée, la lumière. La qualité de l'énergie revêt une importance particulière lorsque le besoin d'énergie vise une forme d'énergie de faible qualité, comme l'eau chaude ou le chauffage.

Disponibilité d'énergie

Il existe de nombreuses sources d'énergie pour répondre aux besoins correspondants des ménages. On a découvert que la quantité d'énergie solaire, éolienne et géothermique disponible sur un terrain à vocation résidentielle est de beaucoup supérieure aux moindres besoins des services énergétiques intrinsèques ou des quantités d'énergie utilisées pour satisfaire des services extrinsèques, tels le maintien du confort et la qualité de l'air. La qualité d'énergie de deux de ces sources, en l'occurrence l'énergie solaire et l'énergie éolienne, correspond également à bon nombre des besoins de la qualité d'énergie des services intrinsèques. Conférer à cette énergie ambiante une forme utile requiert des dispositifs de conversion et de stockage. Dans le cas de l'énergie géothermique, une source externe (en général, l'électricité) est également nécessaire au relèvement de la qualité de la source pour l'amener à un niveau de qualité utile. Par contre, même cette énergie pourrait provenir d'installations solaires assorties d'une capacité de stockage suffisante.

Efficacité thermodynamique

L'efficacité thermodynamique des dispositifs domestiques servant à répondre aux besoins énergétiques est, à quelques exceptions près, très faible. Bon nombre ont une efficacité inférieure à 1 %, alors que la plupart sont assorties d'une efficacité inférieure à 20 %. Il y a vraiment matière à amélioration. Voici les recommandations formulées.

Améliorer l'efficacité de la conversion

L'efficacité s'améliore en assortissant mieux la qualité de la source d'énergie au besoin énergétique. De nombreux dispositifs domestiques ne convertissent pas efficacement l'énergie électrique ou le combustible fossile en énergie véritablement requise. Les pertes s'expriment dans la majorité des cas sous forme de chaleur, soit en raison de la transformation inefficace en électricité soit en raison de simples déperditions thermiques. Réduire les pertes de conversion des dispositifs permet d'améliorer l'efficacité énergétique, bien souvent de façon spectaculaire.

Assortir le dispositif domestique au besoin

Assortir les dispositifs domestiques aux besoins énergétiques passe par l'amélioration de la conception. En effet, de nombreux dispositifs, tel le réfrigérateur type, présentent une taille de beaucoup supérieure à ce qui est nécessaire. De même, les dispositifs fournissent souvent une sortie constante, malgré la fluctuation des besoins énergétiques, comme c'est le cas des appareils d'éclairage et des réfrigérateurs. On peut améliorer l'efficacité en adoptant des systèmes de commandes pour assortir la sortie au besoin et en concevant le dispositif pour répondre à différentes charges, comme dans un réfrigérateur compartimenté.

Assortir la qualité de l'énergie grâce au choix de combustible

De nombreux dispositifs domestiques utilisent une source d'énergie de qualité élevée (électricité ou combustible fossile) pour satisfaire un besoin énergétique de qualité peu élevée (chaleur). Cela contribue à réduire l'efficacité. De même, la faible efficacité de la production de sources d'énergie extérieures acquises (de 29 % pour l'électricité nucléaire), jumelée à la perte d'extraction et de transmission des ressources, donne lieu globalement à une perte considérable d'efficacité. Employer davantage de chaleur résiduelle et de sources d'énergie assorties à une haute efficacité du cycle combustible accentuerait de beaucoup le ratio d'exergie et l'efficacité.

Accroître l'usage de sources d'énergie ambiantes

Il y aurait lieu d'accroître le recours à la récupération de la chaleur sur place et l'énergie ambiante. Des quantités appréciables d'énergie peuvent découler des sources ambiantes sur le terrain d'une habitation ou à l'intérieur de l'habitation, ou sous forme de chaleur résiduelle. Les dispositifs domestiques devraient tirer parti de ces sources gratuites. L'énergie solaire, l'énergie éolienne et l'énergie géothermique pourraient, moyennant les dispositifs de conversion tout indiqués, être exploitées de manière à combler une partie appréciable des besoins d'énergie d'une habitation efficace.

RECOMMENDATIONS EN VUE D'UNE FUTURE ÉTUDE

Une étude davantage poussée devrait être consacrée à améliorer la simulation du chauffage et de la climatisation de l'enveloppe des bâtiments, dont le traitement approprié des murs, du stockage de la chaleur et du refroidissement, du stockage de l'humidité et de son dégagement, des gains solaires et de la ventilation naturelle. Il y aurait lieu d'améliorer les stratégies de façon à favoriser l'analyse des interactions complexes entre les dispositifs. Les services complexes en matière d'habitation, comme les besoins de qualité de l'air (dont l'élimination des substances toxiques) gagneraient à être approfondis. La nécessité de compter sur des estimations d'énergie de substitution absolue pour certains dispositifs domestiques, comme pour le nettoyage et la préparation des aliments, devrait être réduite en effectuant une analyse plus poussée des besoins d'énergie spécifiques.

Directeurs de projet à la SCHL : Neophytos Harris et Jim White

Consultants pour le projet de recherche :
Marbek Resource Consultants

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La SCHL se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.